

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЯ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ Al-Si-Fe СПЛАВОВ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Аннотация

Проведен анализ плотности и теплопроводности экспериментальных литых алюминиевых сплавов, содержащих различное количество кремния: от 0 до 12 % (по массе). Все сплавы дополнительно легированы железом (до 1 %) для улучшения технологичности. Показано, как снижается теплопроводность в анализируемых сплавах с увеличением содержания кремния. Показан характер изменения плотности при увеличении содержания кремния, несмотря на это, сплавы с содержанием кремния 4 % и 8 % имели нестандартные значения плотности.

Ключевые слова: *алюминиево-кремниевые сплавы, теплопроводность, теплообмен, железо, литейные сплавы, структура, температура.*

Abstract

Analysis of densities and thermal conductivities was carried out for cast experimental aluminum alloys contained different content of silicon from 0 to 12 % (mass). All alloys were additionally supplemented by iron up to 1 % mass for better casting properties. Results showed strong tendency of decreasing the thermal conductivity while increasing silicon content. The same character density changes had, however, alloys with 4 % and 8 % of silicon had abnormal parameters.

Key words: *aluminum-silicon alloys, thermal conductivity, heat exchange, iron, cast alloys, structure, temperature.*

Введение. Алюминиевая промышленность стремительно развивается от десятилетия к десятилетию [1]. Алюминиевые сплавы являются хорошо известными материалами не только из-за их низкой плотности, которая дает возможность уменьшать массу механизмов и деталей, выпускаемых машиностроительной промышленностью; эти сплавы широко используются для теплообмена [2]. Чистый алюминий имеет высокое значение теплопроводности, однако из него невозможно сделать какую-либо деталь из-за его высокой пластичности [3]. Человечество начало развивать литейные алюминиево-кремниевых сплавов с главной целью сделать процесс производства недорогим и эффективным. Одним из путей этой эволюции была разработка литейных алюминий-кремниевых сплавов. Хорошо известно, что кремний сильно повышает литейные свойства [4]. Однако, теплопроводность снижается в 2 раза, что не позволяет использовать литейные алюминиевые сплавы для производства высокоэффективных двигателей и компонентов электроники [5]. Именно поэтому повышение теплопроводности является серьезной задачей для материаловедения следующих поколений.

Результаты и их обсуждение. Данная работа направлена на изучение влияния Fe на теплопроводность алюминиево-кремниевых литейных сплавов. Целью данной

работы являлся поиск составов сплава с наилучшей теплопроводностью при комнатной температуре. Железо – это элемент, который используется для улучшения технологических свойств сплавов. Например, он используется как легирующий элемент в литейных алюминиевых сплавах для лучшего заполнения формы в процессе заливки.

Все экспериментальные сплавы получены в лабораторных условиях. Исходными материалами для плавов были чистый алюминий (99,98 % Al) и сплав Al-Si с содержанием 12 % Si при таком же уровне чистоты.

Анализ плотности производился двумя различными методами: гидростатическим взвешиванием и геометрическими измерениями. Анализ теплопроводности проводился на оборудовании для измерения температуропроводности и теплопроводности лазерной вспышкой «NETZSCH LFA 457 MicroFlash».

В таблице приведены сведения о составах сплавов, полученных в лабораторных печах, и значениях теплопроводности, измеренных при комнатной температуре.

Таблица

Результаты измерения теплопроводности при комнатной температуре

Сплав	0%Si	2%Si	4%Si	6%Si	8%Si	10%Si	12%Si
Вт/К·м	244,4	198,9	191,1	161,2	167,3	162,9	141,4

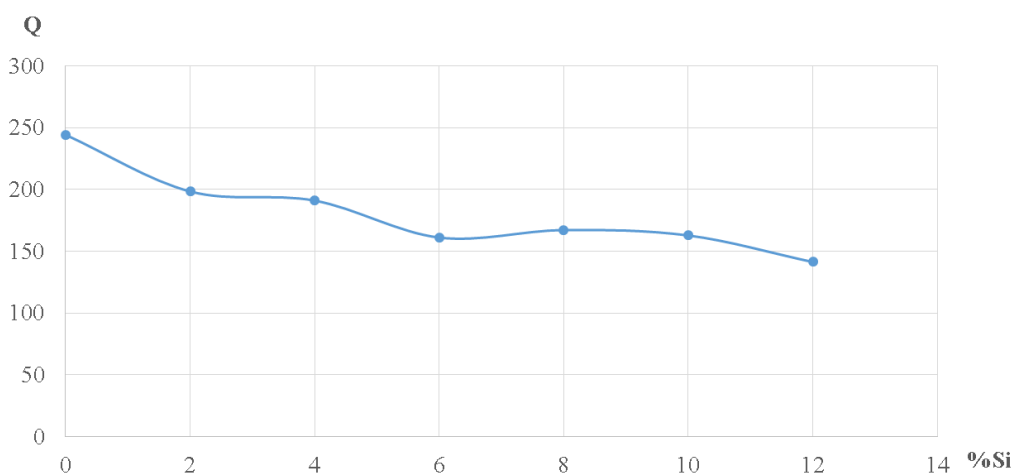


Рис. 1. Зависимость теплопроводности от содержания кремния

Зависимость теплопроводности от содержания кремния на рисунке 1 показывает ожидаемое поведение. Плотность является фундаментальным физическим свойством материала, поэтому любое количество легирующего элемента в алюминиевой матрице уменьшает плотность. Основной интерес представленной работы вызван не только желанием проанализировать кремнийсодержащие сплавы, но и определить параметры теплопроводности сплавов с содержанием 1 % железа по массе. Легирование железа в количестве не более 1 %, безусловно, приводит к снижению теплопроводности. Для сравнения: чистый алюминий имеет теплопроводность 244,4 Вт / К·м, любой другой сплав с 1 % железа имеет теплопроводность ниже, чем 200 Вт/ К·м.

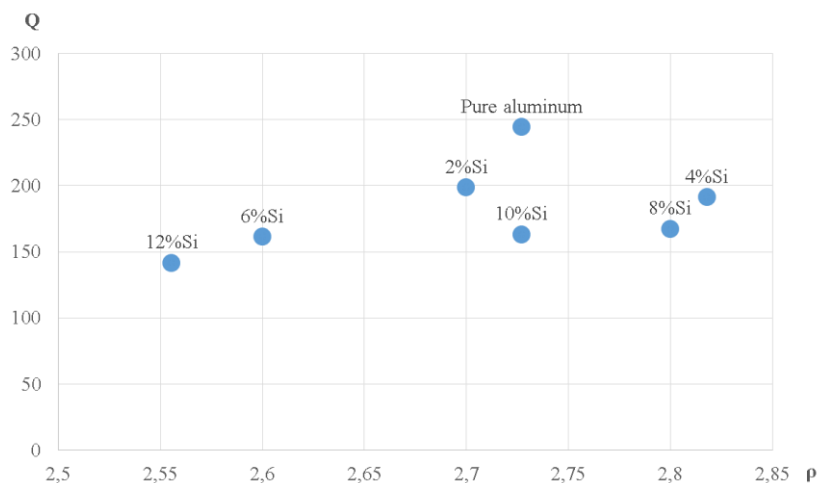


Рис. 2. Корреляция между теплопроводностью и плотностью

Нестандартные значения плотности наблюдается на рисунке 2 для сплавов с содержанием кремния 4 % и 8 % (по массе). Объяснить это можно следующим образом: все операции по выплавке экспериментальных составов выполнялись в строго одинаковых условиях. Сплавы с 4 % и 8 % кремния по массе могут иметь свои особенности кристаллизации. Сплав с 10 % кремния имеет также более высокое значение плотности. По нашему мнению, к этому эффекту могут привести особенности формирования интерметаллических фаз, что привело в конечном итоге к уменьшению количества пор в отливке при кристаллизации сплава.

Сплавы, получаемые путем литья, содержат дефекты литейного происхождения. Экспериментально полученные в настоящей работе составы, не являются исключением. Использование одних и тех же условий получения сплавов не гарантирует, что сплавы разных составов будут смешиваться одинаково и образовывать одинаковое распределение микропор. Пористость может быть разной для разных составов, как в нашем эксперименте. Железо и алюминий образуют интерметаллические фазы, эти фазы влияют на процесс формирования структуры при охлаждении. Поры ухудшают механические свойства и теплопроводность, и однозначно необходимость изучения процесса порообразования в сплавах является предметом дальнейших исследований в данной работе.

Выводы. В результате проведенной работы показано, как снижается теплопроводность в алюминиево-кремниевых сплавах с 1 % железа и с различным содержанием кремния. Показано значительное влияние железа на теплопроводность при комнатной температуре и определены параметры теплопроводности. Предложено, что сплав с 4 % кремния по массе потенциально может быть применим для производства теплопроводных изделий, например, радиаторов компонентов электроники, имеющих дешевую технологию изготовления — литье под давлением.

Список использованных источников

1. Jablonski M., Knych T., Mamala A., Smyrak B., Wojtaszek K. Influence of Fe and Si addition on the properties and structure conductivity aluminum. Arch. Metall. Mater. 62 (2017) 3:1541-1547.

2. Haizhi Ye. An Overview of the Development of Al-Si-Alloy Based Material for Engine Applications. JMEPEG (2003) 12:288-297.

3. Mbuya T.O., Odera B.O., Ng'ang'a S.P. Influence of iron on castability and properties of Aluminium silicon alloys: literature review. International Journal of Cast Metals Research. (2003) 16:5, 451-465.

4. Tanski T., Labisz K., Krupinska B., Krupinski M., Krol M., Maniara R., Borek W. Analysis of crystallization kinetics of cast aluminum–silicon alloy. J. Therm. Anal. Calorim. (2016) 123:63-74.

5. Yu-Mi Kim, Da-Som Kang, Sung-Kil Hong, Young-Chan Kim, Chang-Seog Kang, Se-Weon Choi. Influence of variation in the silicon content on the silicon precipitation in the Al–Si binary system. J. Therm. Anal. Calorim. (2016) 123:63-74.

УДК 669.168

А. А. Журавлев, Р. Р. Гасанов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ И ЗАТРАТЫ НА ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ РФ

Аннотация

В работе рассматриваются основные источники загрязнения окружающей среды выбросами различных металлургических предприятий: коксохимических, агломерационных, доменных, ферросплавных, сталеплавильных и их влияние на состояние окружающей среды в РФ.

Ключевые слова: *Окружающая среда, загрязнение, шлак, металл, металлургические предприятия, коксохимические, агломерационные, доменные, сталеплавильные, ферросплавные, влияние, защита.*

Abstract

The paper deals with the main sources of environmental pollution emissions of various metallurgical enterprises: coke, agglomeration, blast furnace, Ferroalloy, steelmaking and their impact on the environment in the Russian Federation.

Key words: *environmental pollution, metallurgical enterprises, slag, metal, coke, agglomeration, blast furnace, ferroalloy, steelmaking, influence, protection.*

Черная металлургия – отрасль тяжелой промышленности, которая включает в себя производство чугуна, стали, проката, ферросплавов, а также добычу и обогащение железной руды и производство огнеупоров. В структуру черной металлургии Российской Федерации входит более 1.5 тыс. предприятий, из которых более 70 являются градообразующими. В этой отрасли металлургической промышленности занято 2/3 работников российской металлургии. Из подготовленного бюллетеня Росстата «Основные показатели охраны окружающей среды» следует, что на металлургию (черную и цветную) приходится примерно треть всех промышленных выбросов в атмосферу, в то время как продукция предприятий металлургических предприятий составляет лишь 17 % от общего объема промпроизводства. В